



日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2000年10月18日

出 願 番 号

Application Number:

特願2000-318541

出 願 人

Applicant(s):

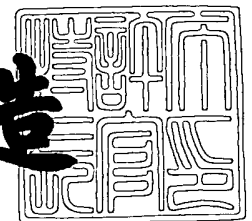
セイコーエプソン株式会社

RECEIVED
17011 2001
10 2300 MAIL ROOM

2001年 8月24日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Japan Patent Office

及 川 耕 造



出証番号 出証特2001-3075655

【書類名】 特許願

【整理番号】 J0080640

【提出日】 平成12年10月18日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G02B 27/62

【発明者】

 【住所又は居所】 長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内

 【氏名】 北林 雅志

【発明者】

 【住所又は居所】 長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内

 【氏名】 小島 広一

【特許出願人】

 【識別番号】 000002369

 【氏名又は名称】 セイコーエプソン株式会社

 【代表者】 安川 英昭

【代理人】

 【識別番号】 100093388

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 鈴木 喜三郎

 【連絡先】 0 2 6 6 - 5 2 - 3 1 3 9

【選任した代理人】

 【識別番号】 100095728

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 上柳 雅誉

【選任した代理人】

 【識別番号】 100107261

 【弁理士】

【氏名又は名称】 須澤 修

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 013044

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9711684

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 レンズの評価方法およびレンズ評価装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 レンズの解像度を評価するために、解像度測定用のテストパターンを含む画像光を、前記レンズを介してスクリーン上に照射し、前記スクリーン上に前記解像度測定用のテストパターンの画像を表示して、表示されたテストパターン画像の輝度を撮像素子を用いた画像取り込み装置で検出し、検出された輝度値に基づいて解像度評価値を算出するレンズの評価方法であって、

前記テストパターンが形成されていない、バックグラウンド部分の輝度値を、前記撮像素子を用いた画像取り込み装置により取得するバックグラウンド輝度値取得手順と、

前記テストパターン画像中の最大輝度値を、前記撮像素子を用いた画像取り込み装置により取得する最大輝度値取得手順と、

前記テストパターン画像中の最小輝度値を、前記撮像素子を用いた画像取り込み装置により取得する最小輝度値取得手順と、

これら各手順で得られたバックグラウンド輝度値、最大輝度値、および最小輝度値に基づいて、解像度評価値を算出する評価値算出手順とを備えていることを特徴とするレンズの評価方法。

【請求項 2】 請求項 1 に記載のレンズの評価方法において、

前記評価値算出手順によって算出される解像度評価値 MTF は、バックグラウンド輝度値を I_0 、最大輝度値を I_{max} 、最小輝度値を I_{min} とすると、

【数 1】

$$MTF = (I_{max} - I_{min}) / (I_0 \times 2 - I_{max} - I_{min})$$

で与えられることを特徴とするレンズの評価方法。

【請求項 3】 請求項 1 または請求項 2 に記載のレンズの評価方法において、

前記撮像素子は電荷結合素子であり、この電荷結合素子の輝度値に対する出力が比例関係にある部分で前記バックグラウンド輝度値取得手順と、前記最大輝度値取得手順と、前記最小輝度値取得手順とが実施されることを特徴とするレンズの評価方法。

【請求項 4】 レンズの解像度を評価するためのレンズ評価装置であって、
 解像度測定用のテストパターンが形成された検査シートと、
 この検査シートに光を照射して前記テストパターンを含む画像光を前記レンズ
 に導入する光源と、
 前記レンズから照射された画像光を投影するスクリーンと、
 このスクリーンに表示されたテストパターンの画像を撮像する撮像素子と、
 この撮像素子で撮像された画像を取り込んで画像信号を生成する画像取り込み
 部と、

この画像取り込み部から出力される画像信号に基づいて、解像度評価値を演算
 処理する信号処理部とを備え、

前記撮像素子には、該撮像素子に入射する光の光量を調整する光量調整手段が
 設けられ、この光量調整手段は、前記信号処理部からの制御信号に基づいて制御
 されることを特徴とするレンズ評価装置。

【請求項 5】 請求項 4 に記載のレンズ評価装置において、
 前記信号処理部は、前記検査シートのテストパターンが形成されていない部分
 のバックグラウンド輝度値、前記テストパターン画像中の最大輝度値、および前
 記テストパターン画像中の最小輝度値に基づいて、前記解像度評価値を演算処理
 することを特徴とするレンズ評価装置。

【請求項 6】 請求項 5 に記載のレンズ評価装置において、
 前記信号処理部は、解像度評価値 MTF を、バックグラウンド輝度値を I_0 、
 最大輝度値を I_{\max} 、最小輝度値を I_{\min} とすると、

【数 2】

$$MTF = (I_{\max} - I_{\min}) / (I_0 \times 2 - I_{\max} - I_{\min})$$

で算出することを特徴とするレンズ評価装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、プロジェクタに用いられるレンズの解像度を評価するために、解像
 度測定用のテストパターンを含む画像光を、前記投写レンズを介してスクリーン

上に照射し、前記スクリーン上に前記解像度測定用のテストパターンの画像を表示して、表示されたテストパターン画像の輝度を撮像素子を用いた画像取り込み装置で検出し、検出された輝度値に基づいて解像度評価値を算出するレンズの評価方法、およびこの評価方法を実行するためのレンズ評価装置に関する。

【0002】

【背景技術】

従来より、複数の色光を画像情報に応じて各色光ごとに変調する複数の液晶パネルと、各液晶パネルで変調された色光を合成するクロスダイクロイックプリズムと、このプリズムで合成された光束を拡大投写して投写画像を形成する投写レンズとを備えたプロジェクタが利用されている。

【0003】

このプロジェクタに用いられる投写レンズは、その製造工程等のばらつきにより、画像解像度、フレアおよび色収差の特性にもばらつきが生じることがある。投写レンズの特性のばらつきは、プロジェクタによって表示される画像の品質に影響するため、レンズメーカーのレンズ出荷前及び、プロジェクタ組立投入前には、レンズの画像解像度、フレアおよび色収差の特性が評価されている。

具体的には、例えば、投写レンズの解像度を評価する場合、評価シートに解像度測定用のテストパターンを形成し、このテストパターンに光を照射して、テストパターンを含む画像光を投写レンズに導入し、投写レンズから照射された画像光をスクリーン上に投影する。そして、このスクリーン上に表示されたテストパターンの画像をCCD (Charge Coupled Device) 等の撮像素子を用いた画像取り込み装置で検出し、この装置で検出した画像をコンピュータ等で画像処理を行うことによって投写レンズの解像度の評価が行われる。

【0004】

ここで、一般的にレンズの解像度の評価を行うための解像度評価値として、MTF (Modulation Transfer Function) 値が採用され、テストパターン画像中の検出輝度値の最大値を I_{\max} 、最小値を I_{\min} とすると、以下の数3により求められる。

【0005】

【数 3】

$$MTF = (I_{max} - I_{min}) / (I_{max} + I_{min})$$

【0 0 0 6】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、上述した構成においては、このような数 3 で算出される MTF 値は、計測する輝度が相対値となるため、画像の明るさの状態によって MTF 値が変化してしまうという問題がある。

そして、上述した投写レンズの解像度の評価において、投写レンズから照射されてスクリーン上に投影された画像光は、中央部分の光の強度が最も強く、周縁部分に行くに従って弱くなる傾向にあるため、スクリーン上に投影された画像の複数箇所での輝度値を取得して MTF 値を算出しても、同様の基準で評価をすることができないという問題がある。

また、プロジェクタの機種によって投写画像の明るさが異なる場合、各プロジェクタのレンズの MTF 値を同列で比較することができないという問題がある。

【0 0 0 7】

本発明の目的は、レンズの解像度の評価を、プロジェクタの機種や測定場所に影響されることなく、適正に行うことのできるレンズの評価方法、およびレンズ評価装置を提供することにある。

【0 0 0 8】

【課題を解決するための手段】

前記目的を達成するために、本発明のレンズの評価方法は、レンズの解像度を評価するために、解像度測定用のテストパターンを含む画像光を、前記レンズを介してスクリーン上に照射し、前記スクリーン上に前記解像度測定用のテストパターンの画像を表示して、表示されたテストパターン画像の輝度を撮像素子を用いた画像取り込み装置で検出し、検出された輝度値に基づいて解像度評価値を算出するレンズの評価方法であって、前記テストパターンが形成されていない、バックグラウンド部分の輝度値を、前記撮像素子を用いた画像取り込み装置により取得するバックグラウンド輝度値取得手順と、前記テストパターン画像中の最大輝度値を、前記撮像素子を用いた画像取り込み装置により取得する最大輝度値取



得手順と、前記テストパターン画像中の最小輝度値を、前記撮像素子を用いた画像取り込み装置により取得する最小輝度値取得手順と、これら各手順で得られたバックグラウンド輝度値、最大輝度値、および最小輝度値に基づいて、解像度評価値を算出する評価値算出手順とを備えていることを特徴とする。

【0009】

ここで、解像度測定用のテストパターンは、一般的な光学系の評価に用いられる所定の空間周波数で明部、暗部が設定された解像度チャートを採用することができ、空間周波数としては、20本/mm～80本/mmの間の複数の空間周波数を採用することができる。具体的には、解像度測定用のテストパターンとして、平行線型解像度チャートを用いることができ、空間周波数は、20本/mm、25本/mm、30本/mm、50本/mm、80本/mmに設定し、各空間周波数において、互いに直行する2種類の平行線型解像度チャートを一組としてテストパターンを構成することができる。

【0010】

また、上述した最大輝度値は、上記テストパターン画像中の最も明るい部分の輝度値をいい、最小輝度値は、最も暗い部分の輝度値をいい、撮像素子で撮像したテストパターン画像において、パターンマッチング処理等の画像の輝度を検出する画像処理を行うことで求めることができる。

さらに、本発明の評価方法は、出力側のレベル0の値と入力側のレベル0との間にずれがあり、入力側でレベル0の光を導入しても、出力側でレベル0の光として出力されない、オフセット値が生じるような撮像素子を用いた画像取り込み装置を採用した場合に好適である。撮像素子としては、CCD、MOS (Metal Oxide Semiconductor) センサ等の撮像素子が考えられ、画像取り込み装置としては、これらの撮像素子からの出力が入力され、コンピュータ用の画像信号に変換するビデオキャプチャボード等の画像データ化手段が考えられる。

【0011】

このような本発明によれば、解像度評価値を、バックグラウンド輝度値、最大輝度値、および最小輝度値に基づいて算出しているため、スクリーン上に投影された画像の明るさが異なっても、バックグラウンド輝度値を加味して補正処理す

ることにより、複数箇所で取得したバックグラウンド輝度値、最大輝度値、最小輝度値に基づいて算出された解像度評価値を同様の基準で評価することができ、プロジェクタの機種、表示画像上の場所等に影響されることなく、レンズの解像度を適切に評価することができる。

以上において、評価値算出手順によって算出される解像度評価値MTFは、バックグラウンド輝度値を I_0 、最大輝度値を I_{\max} 、最小輝度値を I_{\min} とすると、以下の数4で算出することができる。

【0012】

【数4】

$$MTF = (I_{\max} - I_{\min}) / (I_0 \times 2 - I_{\max} - I_{\min})$$

この数4は、次のような手順で求められる。

図1に示されるような平行線型の解像度測定用パターンC1の画像を撮像素子を用いて検出し、撮像素子で検出されたパターンC1の明部、暗部の輝度値に解像度の評価を行う場合、解像度の評価値MTFは、投写レンズに入射する画像光の入力コントラスト比となる入力レベルと、CCDカメラ等の撮像素子で検出された画像の出力コントラスト比となる出力レベルとの比で与えられ、数5の式により求められる。

【0013】

【数5】

$$MTF = (\text{出力レベル}) / (\text{入力レベル})$$

ここで、数5における出力レベルは、 $(I_{\max} - I_{\min})$ と置き換えられるので、数5は数6のように書き換えることができる。

【0014】

【数6】

$$MTF = (I_{\max} - I_{\min}) / (\text{入力レベル})$$

一方、入力レベルは、図2に示されるように、 $(I_{100\%} - I_{\max})$ の値と、 $(I_{\min} - I_{0\%})$ の値が等しいとすると、入力側の $I_{0\%}$ が出力側と同じ値であることを条件として数7により求められる。

【0015】

【数 7】

$$\begin{aligned} (\text{入力レベル}) &= I_{\max} + (I_{100\%} - I_{\max}) \\ &= I_{\max} + (I_{\min} - I_{0\%}) = I_{\max} + I_{\min} \end{aligned}$$

従って、解像度評価値MTFは、背景技術で説明したと同様に、数8に示される式に基づいて求めることができる。

【0016】

【数 8】

$$MTF = (I_{\max} - I_{\min}) / (I_{\max} + I_{\min})$$

しかしながら、CCD等の撮像素子を用いた画像取り込み装置で取得した画像から、入力レベルおよび出力レベルの関係を調べると、図3に示されるように、出力レベル側にオフセット値($I_{0\%} - I_{CCD0\%}$)が生じるため、この状態で数7に基づいて入力レベルを算出すると、オフセット値の倍の値が加算されることとなり、真の入力レベル値よりも大きな値となってしまう。また、上記CCD等の撮像素子におけるオフセット値は、バックグラウンド輝度値が変化すると、オフセット値も変化することがある。例えば、バックグラウンド輝度値が暗くなるほど大きな値となるので、その結果として算出される解像度評価値MTFは全体的に真の値よりも小さくなり、さらにバックグラウンド輝度が暗くなればなるほど小さな値となってしまう。

従って、正しい解像度評価値MTFを求めるには、CCD等の撮像素子を用いた画像取り込み装置のオフセット分を除く補正が必要となる。

【0017】

このようなオフセット分を除くには、入力レベルを、図3に示される出力側の最大輝度値 I_{\max} 、および最小輝度値 I_{\min} と、入力側の最大輝度値 $I_{100\%}$ における出力側の輝度の読み値 I_o が判れば、以下の数9によって求めることができる。

【0018】

【数 9】

$$\begin{aligned} (\text{入力レベル}) &= I_{\max} - I_{\min} + (I_o - I_{\max}) \times 2 \\ &= I_o \times 2 - I_{\max} - I_{\min} \end{aligned}$$

ここで、解像度評価値MTFは、空間周波数0、すなわちパターンがない状態で1となるので、テストパターンのない部分の明るさ、つまりバックグラウンド部分の輝度値を測定すればよい。また、この数9は、CCD等の撮像素子で検出された輝度値の差分のみを加算することにより算出されるため、上記のオフセット分は相殺され、得られた入力レベルは、オフセット分が除かれた値となる。

以上より、CCD等の撮像素子を用いた画像取り込み装置のオフセット分を除いた適正な解像度評価値MTFは、以下の数10によって求められることとなる。

【0019】

【数10】

$$MTF = (I_{max} - I_{min}) / (I_0 \times 2 - I_{max} - I_{min})$$

このような本発明によれば、解像度評価値MTFが数10で表される式に基づいて求められるため、正確な解像度評価値MTFを得ることができ、プロジェクタの機種、表示画像上の場所等に影響されることなく、投写レンズの解像度をより適正に評価することができる。

【0020】

また、上述した撮像素子がCCDから構成されている場合、CCDの輝度値に対する出力が比例関係にある部分でバックグラウンド輝度値取得手順と、最大輝度値取得手順と、最小輝度値取得手順とが実施されるのが好ましい。

すなわち、CCD等の撮像素子において、画像光の輝度値に対する関係は、出力が明るすぎる部分、暗すぎる部分で比例関係が失われてしまい、適切な輝度値を取得することができない。そこで、CCD等の撮像素子に入射する画像光の明るさを調整する絞り等の光量調整手段を設けることより、撮像素子の直線関係が維持される部分での測定を行うことができるので、評価値算出手順でより正確な解像度評価値を算出することができる。

【0021】

また、本発明のレンズ評価装置は、レンズの解像度を評価するためのレンズ評価装置であって、解像度測定用のテストパターンが形成された検査シートと、前記レンズから照射された画像光を投影するスクリーンと、この撮像素子から出力

される画像信号に基づいて、解像度評価値を演算処理する信号処理部とを備え、前記撮像素子には、該撮像素子に入射する光の光量を調整する光量調整手段が設けられ、この光量調整手段は、前記信号処理部からの制御信号に基づいて制御されることを特徴とする。

ここで、光量調整手段として、信号処理部から遠隔操作可能な自動絞り調整機構のようなものを採用することができる。

【 0 0 2 2 】

このような本発明によれば、光量調整手段を備えていることにより、CCD等の撮像素子に入射する光の光量を、スクリーン上の画像光の輝度のばらつきに応じて調整することができるため、撮像素子に入力される光の光量を常に一定に保つことが可能となり、光量を調整した画像から算出された解像度評価値を同様の基準で評価することができる。

【 0 0 2 3 】

以上において、信号処理部における解像度評価値は、上述したレンズの評価方法と同様の手順により算出することができ、前記と同様の作用および効果を楽しむことができる。そして、信号処理部は、コンピュータの動作制御を行うOS (Operating System) 上に展開されるプログラムとして構成することができ、バックグラウンド輝度値取得部、最大輝度値取得部、最小輝度値取得部、および評価値算出部を含んで構成することができる。

【 0 0 2 4 】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の一形態を図面に基づいて説明する。

(1) 投写レンズが組み込まれるプロジェクタの構造

図4には、投写レンズが組み込まれるプロジェクタ100の構造が示されている。このプロジェクタ100は、インテグレート照明光学系110、色分離光学系120、リレー光学系130、電気光学装置140、色合成光学系となるクロスダイクロイックプリズム150、および投写光学系となる投写レンズ160を備えている。

【 0 0 2 5 】

前記インテグレート照明光学系110は、光源ランプ111Aおよびリフレクタ111Bを含む光源装置111と、第1レンズアレイ113と、第2レンズアレイ115と、反射ミラー117と、重畳レンズ119とを備えている。光源ランプ111Aから射出された光束は、リフレクタ111Bによって射出方向が揃えられ、第1レンズアレイ113によって複数の部分光束に分割され、折り返しミラーによって射出方向を90° 折り曲げられた後、第2レンズアレイ115の近傍で結像する。第2レンズアレイ115から射出された各部分光束は、その中心軸（主光線）が後段の重畳レンズ119の入射面に垂直となるように入射し、さらに重畳レンズ119から射出された複数の部分光束は、電気光学装置140を構成する3枚の液晶パネル141R、141G、141B上で重畳する。

【0026】

前記色分離光学系120は、2枚のダイクロイックミラー121、122と、反射ミラー123とを備え、これらのミラー121、122、123によりインテグレート照明光学系110から射出された複数の部分光束を赤、緑、青の3色の色光に分離する機能を有している。

前記リレー光学系130は、入射側レンズ131、リレーレンズ133、および反射ミラー135、137を備え、この色分離光学系120で分離された色光、例えば、青色光Bを液晶パネル141Bまで導く機能を有している。

【0027】

前記電気光学装置140は、3枚の液晶パネル141R、141G、141Bを備え、これらは、例えば、ポリシリコンTFTをスイッチング素子として用いたものであり、色分離光学系120で分離された各色光は、これら3枚の液晶パネル141R、141G、141Bによって、画像情報に応じて変調されて光学像を形成する。

前記色合成光学系となるクロスダイクロイックプリズム150は、前記3枚の液晶パネル141R、141G、141Bから射出された各色光ごとに変調された画像を合成してカラー画像を形成するものである。クロスダイクロイックプリズム150で合成されたカラー画像は、投写レンズ160から射出され、スクリーン上に拡大投写される。

【0028】

(2) 投写レンズ評価装置

図5は、本発明の一実施形態にかかる投写レンズ評価装置を示す説明図である。この装置は、図4のプロジェクタ100に用いられる投写レンズ160を評価するための装置である。

【0029】

本実施形態にかかる投写レンズ評価装置は、評価対象である投写レンズ160が搭載される投写部400と、ミラー510と、スクリーン500と、測定部600とを備えている。この装置において、投写レンズ160は、取り外し可能であり、他の投写レンズに容易に交換することができる。

【0030】

投写部400から射出された画像光（画像を表す光）は、ミラー510において反射され、スクリーン500を照射する。スクリーン500は、画像光が投写される投写面500aの裏面500b側から画像を観察可能な透過型スクリーンである。測定部600は、スクリーン500上に表示された画像を用いて、投写レンズ160の解像度の評価を行う。

【0031】

なお、以下の説明では、図5に示すように、評価装置は、スクリーン500の投写面500aと平行な面をXY平面とするXYZ直交座標系で表される。また、投写レンズ160は、図示しない保持部によって、XZ平面に対し所定の角度だけ傾けて配置されている。このため、以下の説明では、投写部400を、XYZ直交座標系をX軸を中心として上記の所定の角度だけ回転させたSTU直交座標系で表す。なお、投写レンズ160の中心軸n1はSU平面に対し平行となっている。

【0032】

図6は、図5の投写部400を+T方向から見たときの様子を示す説明図である。図6に示すように、投写部400は、投写レンズ160の他に、光源装置410と、第1および第2のミラー430、442と、投写レンズ検査シート450と、検査シート保持部440と、検査シート保持部440の配置を調整するた

めの6軸調整部460と、ダミープリズム470とを備えている。

なお、検査シート保持部440は、第2のミラー442に触れないように検査シート450を保持している。図5では、図6に示す光源装置410と第1のミラー430とは、6軸調整部460と検査シート保持部440とダミープリズム470と投写レンズ160よりも、+S方向（紙面奥手方向）に存在するため、便宜上、図示を省略している。

【0033】

なお、図6に示すように、投写部400は、図4のプロジェクタ100において投写レンズが使用される場合とほぼ同様な光が投写レンズ160に入射されるように構成されている。すなわち、光源装置410は図4の光源装置111に対応し、投写レンズ検査シート450は図4の液晶パネル141R、141G、141Bに対応し、ダミープリズム470は図4のクロスダイクロックプリズム150に対応している。このような投写部400を備える評価装置を用いれば、プロジェクタにおいて投写レンズを使用する場合と同じような環境で、投写レンズを検査することができると考えられる。

【0034】

図6の光源装置410は、光源ランプ412と放物面リフレクタ414とを備えている。放物面リフレクタ414は、その凹面が回転放物面形状となっている。光源ランプ412は、回転放物面形状の凹面の焦点位置近傍に配置されている。この構成により、光源ランプ412から射出され、放物面リフレクタ414で反射された光は、略平行な光線束となって光源装置410から射出される。なお、光源ランプ412としては、メタルハライドランプや高圧水銀ランプなどが用いられる。また、放物面リフレクタ414としては、例えば、ガラスセラミックスで形成された回転放物体の凹面上に、誘電体多層膜や金属膜などの反射膜が形成されているものが利用される。

【0035】

第1および第2のミラー430、442は、光源装置410から射出され、色光フィルタ420を通過した色光を投写レンズ160に導くための導光手段としての機能を有している。第1および第2のミラー430、442としては、すべ

ての色光を反射するような誘電体多層膜が形成されたミラーや金属ミラーなどを用いることができる。

【 0 0 3 6 】

投写レンズ検査シート 4 5 0 は、図 7 に示される通り、ガラスなどの透光性であって所定厚み寸法（例えば、1.1mm）の基材の正面に画像領域（テストパターン）TP が形成されたものであり、基材の縦横が所定寸法（例えば、14.6mm×18mm）とされ、その内部には縦横が所定寸法（例えば、10.8mm×14.4mm）の矩形状の画像領域（テストパターン）TP が形成されている。

このテストパターンTP は、図 8 の正面図に示されるように、複数の解像度測定用のテストパターン 1 0 A を備え、投写レンズ 1 6 0 からの射出光に基づく投写領域の複数の箇所での解像度を測定できるようになっている。尚、図示を略したが、このテストパターンTP 中には、投写レンズ 1 6 0 の他の光学特性を調べるためのテストパターンが複数形成されている。具体的には、投写レンズ 1 6 0 の他の光学特性を調べるテストパターンとしては、フォーカス、アライメント調整用のテストパターン、フレア、色収差用のテストパターンがあり、各々、目視検査用、自動検査用のテストパターンが設定されている。

【 0 0 3 7 】

解像度測定用のテストパターン 1 0 A は、図 9 に示すように、縦横が所定寸法（例えば、795 μ m×1074 μ m）の矩形状に形成され、さらに、解像度測定領域 WA およびフレア検査領域 WB に区画されている。

解像度測定領域 WA は、2 種類の解像度測定用のパターン PT 1、PT 2 を複数備えている。パターン PT 1 は、垂直方向に延びる遮光領域 PT V を間隔を設けて配列して構成され、隣接する遮光領域 PT V の間は透光領域 PT S とされる。一方パターン PT 2 は、水平方向に延びる遮光領域 PT H を間隔を設けて配列して構成され、パターン PT 1 と同様に、遮光領域 PT H の間が透光領域 PT S とされている。

【 0 0 3 8 】

これらパターン PT 1、PT 2 は、その上部に形成される数字 PT N の大きさに応じた寸法になっている。数字 PT N は、目視検査を行う際の解像度の指標を

表すものであり、具体的には、その下方に配置されるパターン P T 1、P T 2 の空間周波数を表している。例えば、「2 0」の下方に配置される 2 つのパターン P T 1、P T 2 は、空間周波数が 2 0 本/mm のパターンであり、数字「3 0」の下方にあるパターン P T 1、P T 2 は、空間周波数が 3 0 本/mm となる。

【 0 0 3 9 】

このようなパターン P T 1、P T 2 により目視で解像度を検査する場合、検査者が投写レンズ 1 6 0 から照射され、スクリーン 5 0 0 上に形成されたパターン P T 1、P T 2 を観察し、遮光領域および透光領域の境界が判別できる限界の空間周波数を解像度の指標として用いることとなるが、撮像素子を用いて画像処理を行う場合については後述する。

【 0 0 4 0 】

フレア検査領域 W B は、縦横が所定寸法（例えば、 $330\mu\text{m} \times 340\mu\text{m}$ ）の矩形状に形成され、その内部に略円形の透光領域である 4 種類の小孔パターン P H a ~ P H d が含まれている。小孔パターン P H a ~ P H d は直径寸法がそれぞれ異なるものであり、例えば、小孔パターン P H a は直径が $26\mu\text{m}$ であり、小孔パターン P H b は直径が $19\mu\text{m}$ であり、小孔パターン P H c は直径が $10\mu\text{m}$ であり、小孔パターン P H d は直径が $5\mu\text{m}$ である。このフレア検査領域 W B は、投写レンズ評価装置の自動測定を行う場合に用いられ、各小孔の孔径と透過した光の画像面積との差からフレア量を特定する。

【 0 0 4 1 】

図 6 において、検査シート保持部 4 4 0 は、6 軸調整部 4 6 0 に固定されており、6 軸調整部 4 6 0 を制御することによって、検査シート保持部 4 4 0 の配置が調整される。6 軸調整部 4 6 0 は、図中、S 方向、T 方向、U 方向の平行移動、および、S 軸、T 軸、U 軸を中心とする回転の可能な 6 つの可動ステージが組み合わされたものである。この 6 軸調整部 4 6 0 を制御することにより、検査シート保持部 4 4 0 に保持された検査シート 4 5 0 の空間的な配置を調整することができる。換言すれば、6 軸調整部 4 6 0 の制御によって、テストパターン T P の空間的な配置が調整される。

【 0 0 4 2 】

ダミープリズム470は、前述したように、図4のプロジェクタ100のクロスダイクロイックプリズム150を模擬するために設けられている。図4に示すクロスダイクロイックプリズム150では、3つの液晶パネル141R、141G、141Bから射出された光を合成するために「X」字状の薄膜が内部に設けられている。しかし、本評価装置においてはこの薄膜は不要なため、クロスダイクロイックプリズム150と同じ立方体形状のガラス体に反射防止コーティングを施したものが、ダミープリズム470として用いられている。

測定対象である投写レンズ160は順次取り替えて評価装置に実装される。

【0043】

以上の投写部400の構成により、光源装置410（図6）から射出された光は、第1および第2のミラー430、442で反射される。第2のミラー442で反射された光は、検査シート450を通過することによって、画像領域TPの画像を表す画像光となって射出される。この画像光は、ダミープリズム470を通過した後、投写レンズ160によって投写される。

【0044】

ところで、図5に示すように、本実施例の投写部400では、投写レンズ160の中心軸n1と、検査シート450の中心を通る法線n2とが、所定の距離だけずれている。これは、プロジェクタにおける「あおり投写」の状態を模擬するためである。投写レンズ160は、このようなあおり投写状態において、歪みのない画像を投写表示するように設計されている。なお、投写レンズ160の中心軸n1と検査シート450の中心を通る法線n2とが一致しないような投写は、通常、「あおり投写」と呼ばれている。

【0045】

図5の測定部600は、処理部610と、スクリーン500の四隅の近傍に配置された4つの調整用CCDカメラ620a～620dと、1つの測定用CCDカメラ640とを備えている。処理部610は、調整用CCDカメラ620a～620dおよび測定用CCDカメラ640と電氣的に接続されているとともに、投写部400の6軸調整部460とも電氣的に接続されている。処理部610は、調整用CCDカメラ620a～620dによって得られる画像データを解析し

、その解析結果に基づいて、6軸調整部460を制御する。なお、上述したように、6軸調整部460を制御することによって、画像領域TPの空間的な配置が調整され、これによって画像のフォーカス状態が調整されることとなる。また、処理部610は、測定用CCDカメラ640によって得られる画像データを処理して、投写レンズの特性値を算出する機能を有している。

【0046】

この説明からも分かるように、本実施例の処理部610が本発明における信号処理部に相当し、測定用CCDカメラ640が撮像素子に相当する。尚、図示を略したが、調整用CCDカメラ620a～620dおよび測定用CCDカメラ640は、受光量を調整する光量調整手段を具備している。そして、投写画像の明るい部分では、光量調整手段の絞りを小さくして受光量を少なくして測定を行い、投写画像の暗い部分では、光量調整手段の絞りを大きくして受光量を多くして測定を行う。また、この光量調整手段は、CCDカメラ620a～620d、640の入射光の輝度値と出力信号との直線関係を維持するための調整手段としても機能する。

【0047】

図10は、スクリーン500を+Z方向から見たときの調整用CCDカメラ620a～620d、および測定用CCDカメラ640の配置を示す説明図である。図示するように、4つの調整用CCDカメラ620a～620dは、スクリーン500の四隅にそれぞれが設けられており、図示しない移動機構によってXY平面内で移動可能である。また、測定用CCDカメラ640は、スクリーン500の中央付近に設けられており、図示しない移動機構によってXY平面内で移動可能である。ただし、測定用CCDカメラ640は、図5に示すように、各調整用CCDカメラ620a～620dから+Z方向にずらして配置されているので、各調整用CCDカメラ620a～620dと干渉しないように移動させることができる。また、調整用CCDカメラ620a～620d、および測定用CCDカメラ640は、後述する処理部610を含むコンピュータと、ビデオキャプチャボード（図示略）を介して接続されている。スクリーン500上に表示された画像領域TPの画像は、CCDカメラ620a～620d、640で撮像され、

このビデオキャプチャボードによりコンピュータ用の画像信号に変換され、コンピュータによって処理される。

【0048】

処理部610は、CPU (Central Processing Unit) およびハードディスクを備えたコンピュータのCPUを制御するOS上に展開されるプログラムとして構成され、図示を略したが、本例では、バックグラウンド輝度値取得部、最大輝度値取得部、最小輝度値取得部、および評価値算出部を備えている。そして、この処理部610では、前記調整用CCDカメラ620a～620dからの画像データに基づいて、調整用CCDカメラ620a～620dの光量調整手段に制御信号を送り、調整用CCDカメラ620a～620dの受光量の調整を行ったり、測定用CCDカメラ640で検出された画像データに基づいて、制御信号を出力して測定用CCDカメラ640の受光量調整を行ったり、解像度の評価値を算出する。

【0049】

(3) 投写レンズの評価方法

次に、上述した投写レンズ評価装置を利用した投写レンズ160の解像度の評価方法について説明する。

前記評価装置による解像度測定に先立ち、スクリーン500上の投写画像の位置調整およびフォーカス調整を行う必要がある。この投写画像の位置調整およびフォーカス調整は、投写レンズ検査シート450の四隅部分に形成された位置調整用のパターン（図8では図示略）に応じてスクリーン500上に形成された画像を、調整用CCDカメラ620a～620dで撮像し、処理部610でフォーカス調整処理および位置調整処理をする。

このフォーカス調整および位置調整が終了して、スクリーン500の所定位置に合焦状態の画像が形成されたら、この画像に基づいて、解像度の測定を行う。

【0050】

解像度の測定は、図11に示されるフローチャートに従って実行され、具体的には、以下のような手順で行われる。

(1) 処理部610からの制御信号に基づいて、測定用CCDカメラ640を

解像度測定用のテストパターン 1 0 A の画像を検出できる位置に移動させ（処理 S 1）、測定用 CCD カメラ 6 4 0 の焦点を合わせるとともに（処理 S 2）、測定用 CCD カメラ 6 4 0 内部の撮像素子に入射する光の光量を調整する（処理 S 3）。尚、光量調整は、CCD カメラ 6 4 0 の検出輝度値に対する出力が比例関係にある部分で測定するために行うものである。

【 0 0 5 1 】

(2) 次に、処理部 6 1 0 は、解像度評価値を算出するためのパターン P T 1 を特定する（処理 S 4）。特定は、画像処理の一手法であるパターンマッチング処理により行われ、図 1 2 に示すように、測定用 CCD カメラ 6 4 0 で撮像された画像 D 1 内に表示される複数のパターン P T 1 のうち、ハードディスクに記憶された基準パターン B P と同様のものを探し出す。

(3) 基準パターン B P には、パターン中心 B 0 の位置と、このパターン中心 B 0 に基づく領域 B 1 が設定されていて、パターンマッチング処理の結果として、基準パターン B P のパターン中心 B 0 に相当するパターン P T 1 の中心座標 A 0 の位置が返され、これに基づいて、解像度評価値を求める測定領域 A 1 が設定される（処理 S 5）。

【 0 0 5 2 】

(4) 処理 S 5 で設定された測定領域 A 1 内における画像の輝度値の取得を開始する（処理 S 6）。尚、本実施形態の処理部 6 1 0 における画像処理は、画像の輝度を 2 5 6 階調で表現しており、一番暗い部分が 0、一番明るい部分が 2 5 5 の値とされている。

(5) まず、検査シート 4 5 0 をわずかに移動させて、パターン P T 1 を測定領域 A 1 の外側にずらし、この状態でバックグラウンド部分の測定領域 A 1 内の画像を測定して、バックグラウンド部分の輝度値 I o を取得する（処理 S 7：バックグラウンド輝度値取得手順）。尚、輝度値 I o の取得は、測定領域 A 1 内のすべての測点の輝度値を平均した値を代表値とすることにより行われ、輝度値 I o は処理部 6 1 0 を構成するメモリに格納される。

【 0 0 5 3 】

(6) 次に、パターン P T 1 を測定領域 A 1 内に戻して、測定用 CCD カメラ

6 4 0 で撮像されたパターン P T 1 の画像中の輝度値を測定する（処理 S 8）。具体的には、図 1 2 に示されるパターン P T 1 の輝度値を取得する場合、遮光領域 P T V の延出方向に沿った 1 画素ラインで検出される輝度値を積算し、積算した画素数でこの積算値を割って平均化して、遮光領域 P T V の延出方向に沿った 1 画素ラインにおける輝度値の代表値とする。そして、これを遮光領域および透光領域 P T S の配列方向、つまり図 1 2 における L 方向に繰り返し、測定領域 A 1 内の遮光領域 P T V、および遮光領域 P T V 内の透光領域 P T S における輝度値の代表値を取得する。

(7) 処理部 6 1 0 は、得られた各ラインにおける輝度値の代表値に基づいて、さらに、第 2 の補正処理があるか否かを判定する（処理 S 9）。すなわち、測定領域 A 1 内のバックグラウンドの明るさが均一な場合、遮光領域 P T V および透光領域 P T S の配列方向に沿った輝度値の分布は、図 1 3 のグラフに示されるように、最大輝度値 I_{\max} および最小輝度値 I_{\min} は、均一化されているため、補正処理を行うことなく、図 1 3 のグラフ中の最大輝度値 I_{\max} および最小輝度値 I_{\min} を取得する（処理 S 1 0：最大輝度値取得手順、最小輝度値取得手順）。

【 0 0 5 4 】

(8) 一方、測定領域 A 1 内のバックグラウンドの明るさが不均一な場合、輝度値の分布は、投写画像の中心に向かうに従ってバックグラウンド輝度値が大きくなり、例えば、図 1 4 のグラフのように、測定領域 A 1 内でバックグラウンド輝度値の変化に伴って最大、最小輝度値が徐々に大きくなっていく場合が考えられる。この場合、上記のように最小最大輝度値をイの範囲で規定するのは、バックグラウンド輝度値の変化を無視することとなり、正確な最小、最大輝度値が得られない。そこで、より適切なアの範囲で最小、最大輝度値を取得するために、処理部 6 1 0 は、図 1 5 のグラフに示すように、測定領域 A 1 内を領域 a ～ e に分割し、最小輝度値を含む領域 a、c、e における最小輝度値 I_{amin} 、 I_{cmin} 、 I_{emin} を取得し（処理 S 1 1）、最大輝度値を含む領域 b、d における最大輝度値 I_{bmax} 、 I_{dmax} を取得する（処理 S 1 2）。

(9) 各領域 a ～ e における最小輝度値 I_{amin} 、 I_{cmin} 、 I_{emin} 、最大輝度値 I_{bmax} 、 I_{dmax} を取得したら、処理部 6 1 0 は、数 1 1、数 1 2 に各領域におけ

る最小、最大輝度値の値を代入して、最大輝度値 I_{\max} 、最小輝度値 I_{\min} を取得する（処理 S 1 3：最大輝度値取得手順、最小輝度値取得手順）。

【0 0 5 5】

【数 1 1】

$$I_{\max} = (I_{b\max} + I_{d\max}) / 2$$

【0 0 5 6】

【数 1 2】

$$I_{\min} = (I_{a\min} + I_{c\min} + I_{e\min}) / 3$$

尚、数 1 1 および数 1 2 における分母の数は、分割された領域 a ～ e 内の最大輝度値を含む領域と、最小輝度値を含む領域の数に応じて設定され、解像度測定用のパターン P T 1 の空間周波数の変化に伴って分母および分子の値は適宜変化する。

【0 0 5 7】

(10) 以上のようにして、バックグラウンド輝度値 I_o 、最大輝度値 I_{\max} 、および最小輝度値 I_{\min} が取得されたら、処理部 6 1 0 は、数 1 3 に基づいて、解像度評価値 M T F を算出する（処理 S 1 4：評価値算出手順）。

【0 0 5 8】

【数 1 3】

$$M T F = (I_{\max} - I_{\min}) / (I_o \times 2 - I_{\max} - I_{\min})$$

(11) 以下、上記と同様の手順でパターン P T 2 についての輝度値の測定、および解像度評価値の算出を行い（処理 S 1 5）、さらに、図 7 に示されるテストパターン T P 中のすべてのテストパターン 1 0 A について、同様の測定および評価値算出を繰り返す。

【0 0 5 9】

(4) 実施形態の効果

前述のような本実施形態によれば、次のような効果がある。

(1) 本実施形態のレンズの評価方法が、バックグラウンド輝度値取得手順 S 7、最大輝度値取得手順、最小輝度値取得手順 S 1 0、S 1 3 を備えていることにより、解像度評価値 M T F をバックグラウンド輝度値 I_o 、最大輝度値 I_{\max}



、および最小輝度値 I_{\min} に基づいて算出できる。そして、スクリーン 500 に投影された画像の明るさが異なっても、バックグラウンド輝度値 I_o を加味して補正処理することにより、複数箇所で取得した最大輝度値 I_{\max} 、最小輝度値 I_{\min} に基づいて算出された解像度評価値 MTF を同様の基準で評価することができる。従って、評価対象となる投写レンズ 160 の種類、スクリーン 500 に表示された解像度測定用のテストパターン 10A の位置等に影響されることなく、投写レンズ 160 の解像度を適切に評価することができる。

【0060】

(2) 解像度評価値 MTF が数 13 で表される式に基づいて求められるため、正確な解像度評価値 MTF を得ることができる。バックグラウンド輝度値の変化に伴う解像度評価値 MTF の変化を従来の場合と比較すると、図 16 に示すように、数 13 に基づいて求めた解像度評価値 MTF の変化は、グラフ G1 のようになり、バックグラウンド輝度値の変化に影響されないことが判る。これに対して、数 14 に示される従来の解像度評価値 MTF の算出方法では、グラフ G2 のようになり、バックグラウンド輝度値の変化に伴い、解像度評価値 MTF の値が大きく変動することが判る。

【0061】

【数 14】

$$MTF = (I_{\max} - I_{\min}) / (I_{\max} + I_{\min})$$

(3) 調整用 CCD カメラ 620a ~ 620d、測定用 CCD カメラ 640 に光量調整手段が設けられているため、CCD カメラ 620a ~ 620d、640 に入射する光の光量を、入力される輝度値に対する CCD の出力が比例関係にある部分で測定することができ、最大輝度値 I_{\max} 、最小輝度値 I_{\min} を正確に取得でき、解像度評価値 MTF をより正確に算出することができる。

(4) 輝度値の取得において、第 2 の補正処理ともいえる処理 S11 および処理 S12 を備えているため、測定領域 A1 内でバックグラウンド輝度値 I_o に変化が生じて、この変化に影響されにくい最大輝度値 I_{\max} 、最小輝度値 I_{\min} を取得できるので、解像度評価値 MTF の算出を一層正確に行うことができる。

【0062】

(5) 実施形態の変形

本発明は、前記実施形態に限定されるものではなく、以下に示すような変形も含むものである。

前記実施形態では、CCDカメラ620a～620d、640の光量調整手段を、撮像素子への入射光の輝度値と出力信号との比例関係を維持するために用いていたが、これに限られない。すなわち、バックグラウンド輝度値に変化があった場合、これに応じてCCDカメラ620a～620d、640の撮像素子に入射する光量を光量調整手段で調整し、撮像素子に入射する光の光量をバックグラウンド輝度値によらず一定にするように構成してもよい。この場合、撮像素子に入射する光の光量が一定になるため、従来の数14で表される式に基づいて解像度評価値を求めても、同様の基準で評価することができる。

【0063】

また、前記実施形態では、数13に表された式で解像度評価値MTFを求めているが、これに限られない。すなわち、要するに、解像度測定に際して、バックグラウンド輝度値、最大輝度値、および最小輝度値に基づいて、解像度評価値を求めるものであればよく、他の式を用いて解像度評価値を算出してもよい。

さらに、前記実施形態では、投写レンズ160の解像度評価に本発明を用いていたが、これに限られない。すなわち、プロジェクタを構成する他の光学系、プロジェクタ以外の機器に使用される光学系に本発明を用いてもよい。

【0064】

そして、前記実施形態では、平行線型の解像度測定用のパターンPT1、PT2を採用していたが、これに限らず、濃淡が徐々に変化する正弦波応答関数に基づいた解像度測定用のパターンに本発明を利用してもよく、さらには、他の解像度用のパターンに本発明を利用してもよい。

その他、本発明の実施の際の具体的な構造および形状等は、本発明の目的を達成できる範囲で他の構造等としてもよい。

【0065】

【発明の効果】

前述のような本発明によれば、解像度評価値を、バックグラウンド輝度値、最

大輝度値、および最小輝度値に基づいて算出しているため、スクリーン上に投影された画像の明るさが異なっても、バックグラウンド輝度値を加味して補正処理することにより、複数箇所で取得した最大輝度値、最小輝度値に基づいて算出された解像度評価値を同様の基準で評価することができ、プロジェクタの機種、表示画像上の場所等に影響されることなく、レンズの解像度を適切に評価することができる、という効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明に係る解像度測定用のテストパターンの模式図である。

【図 2】

本発明の作用を説明するためのグラフである。

【図 3】

本発明の作用を説明するためのグラフである。

【図 4】

本発明の実施形態に係る評価対象となる投写レンズを含むプロジェクタの構造を表す模式図である。

【図 5】

前記実施形態におけるレンズ評価装置の構造を表す模式図である。

【図 6】

前記実施形態におけるレンズ評価装置の構造を表す模式図である。

【図 7】

前記実施形態における検査シートを表す側面図である。

【図 8】

前記実施形態における検査シートを表す正面図である。

【図 9】

前記実施形態における検査シートに含まれる解像度測定用のパターンを表す正面図である。

【図 10】

前記実施形態におけるスクリーン上の撮像素子の配置を表す正面図である。

【図 1 1】

前記実施形態におけるレンズの評価方法を説明するためのフローチャートである。

【図 1 2】

前記実施形態におけるレンズの評価方法の測定領域設定を説明するための模式図である。

【図 1 3】

前記実施形態におけるレンズの評価方法の解像度評価値を求めるためのグラフである。

【図 1 4】

前記実施形態におけるレンズの評価方法の解像度評価値を求めるためのグラフである。

【図 1 5】

前記実施形態におけるレンズの評価方法の解像度評価値を求めるためのグラフである。

【図 1 6】

前記実施形態により求められた解像度評価値と従来の方法で求められた解像度評価値とを比較するグラフである。

【符号の説明】

1 0 A テストパターン

1 6 0 投写レンズ（レンズ）

4 1 0 光源装置（光源）

5 0 0 スクリーン

6 1 0 処理部（信号処理部）

6 4 0 測定用 CCD カメラ（撮像素子）

I o バックグラウンド輝度値

I max 最大輝度値

I min 最小輝度値

M T F 解像度評価値

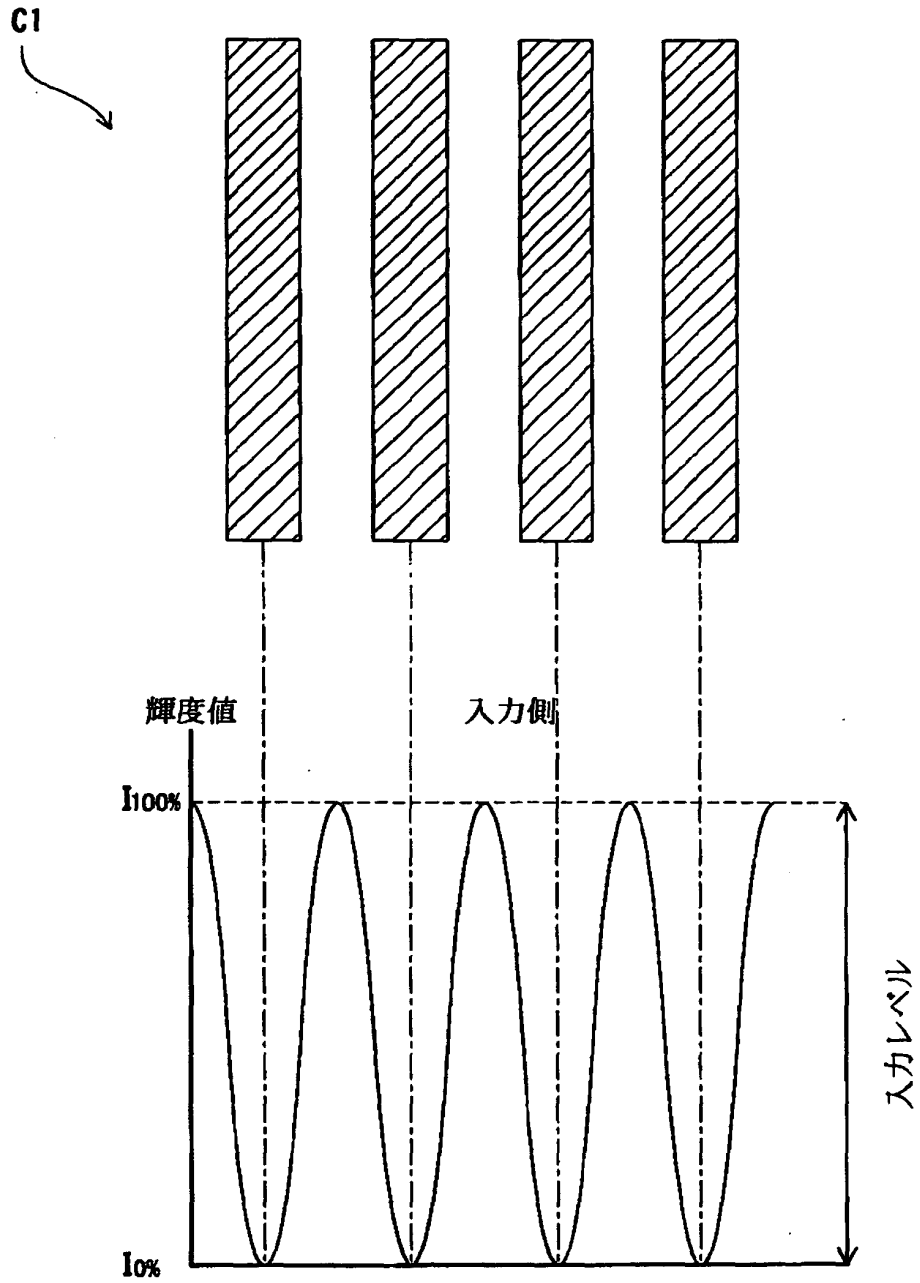
S 7 バックグラウンド輝度値取得手順

S 1 0、S 1 3 最大輝度値取得手順、最小輝度値取得手順

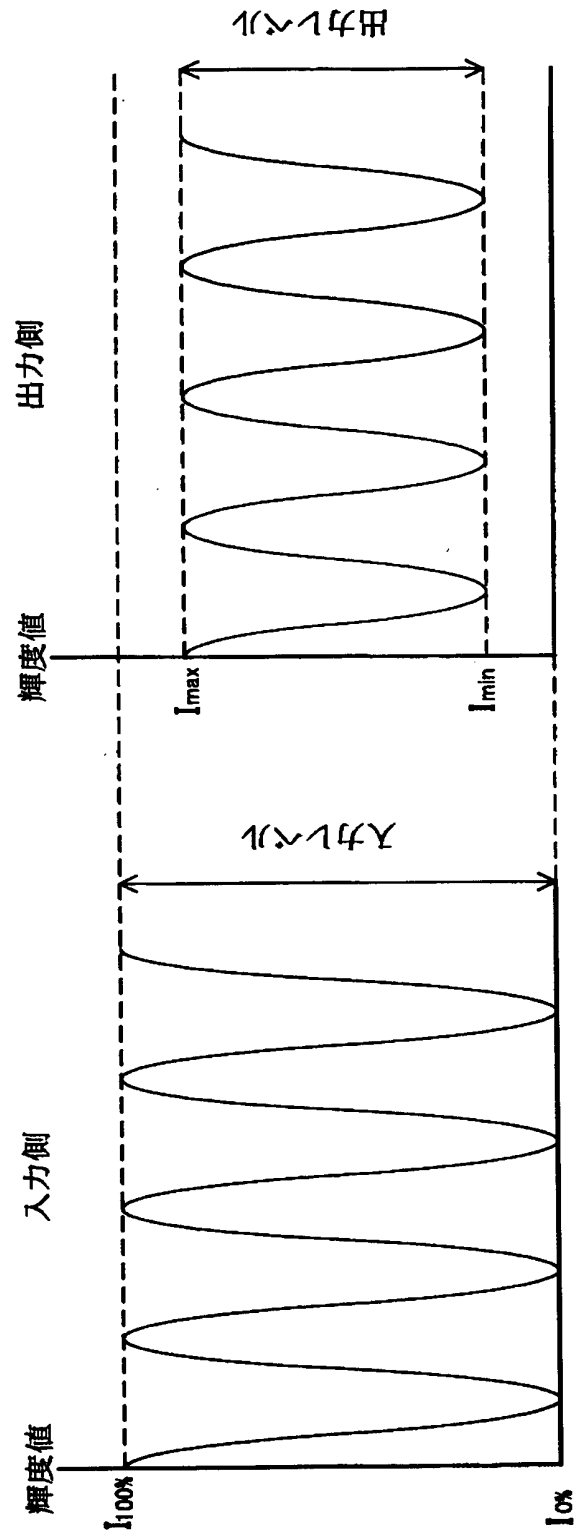
S 1 4 評価値算出手順

【書類名】 図面

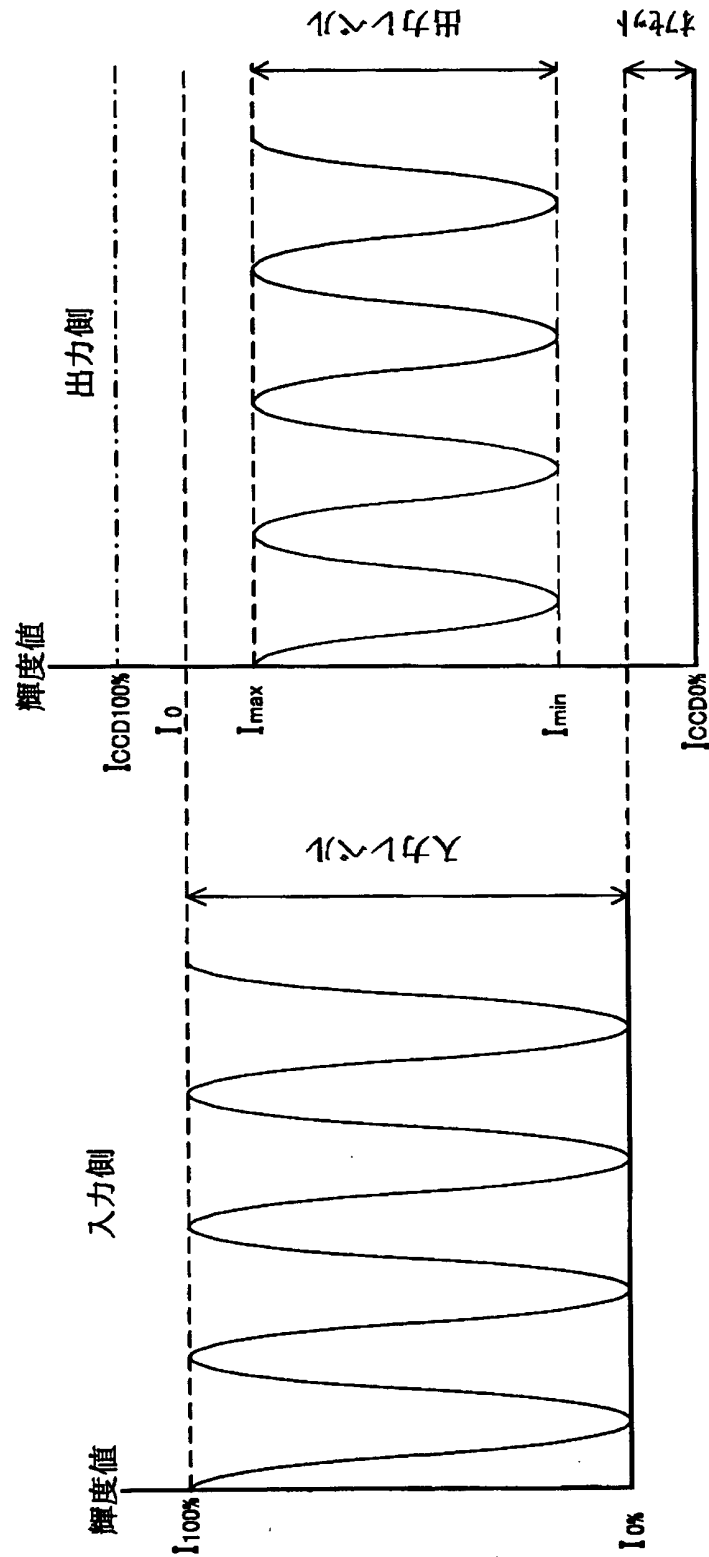
【図 1】



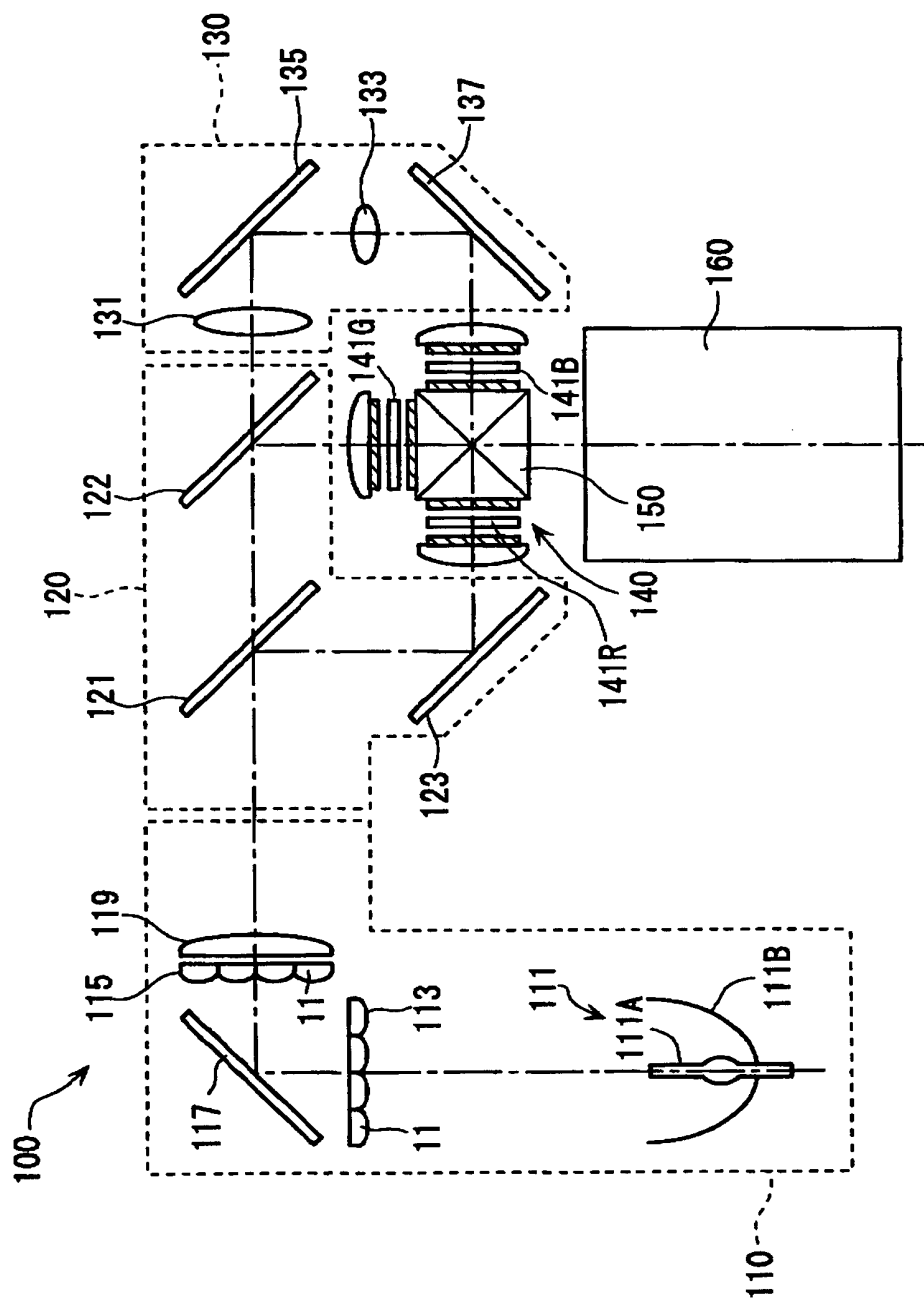
【図2】



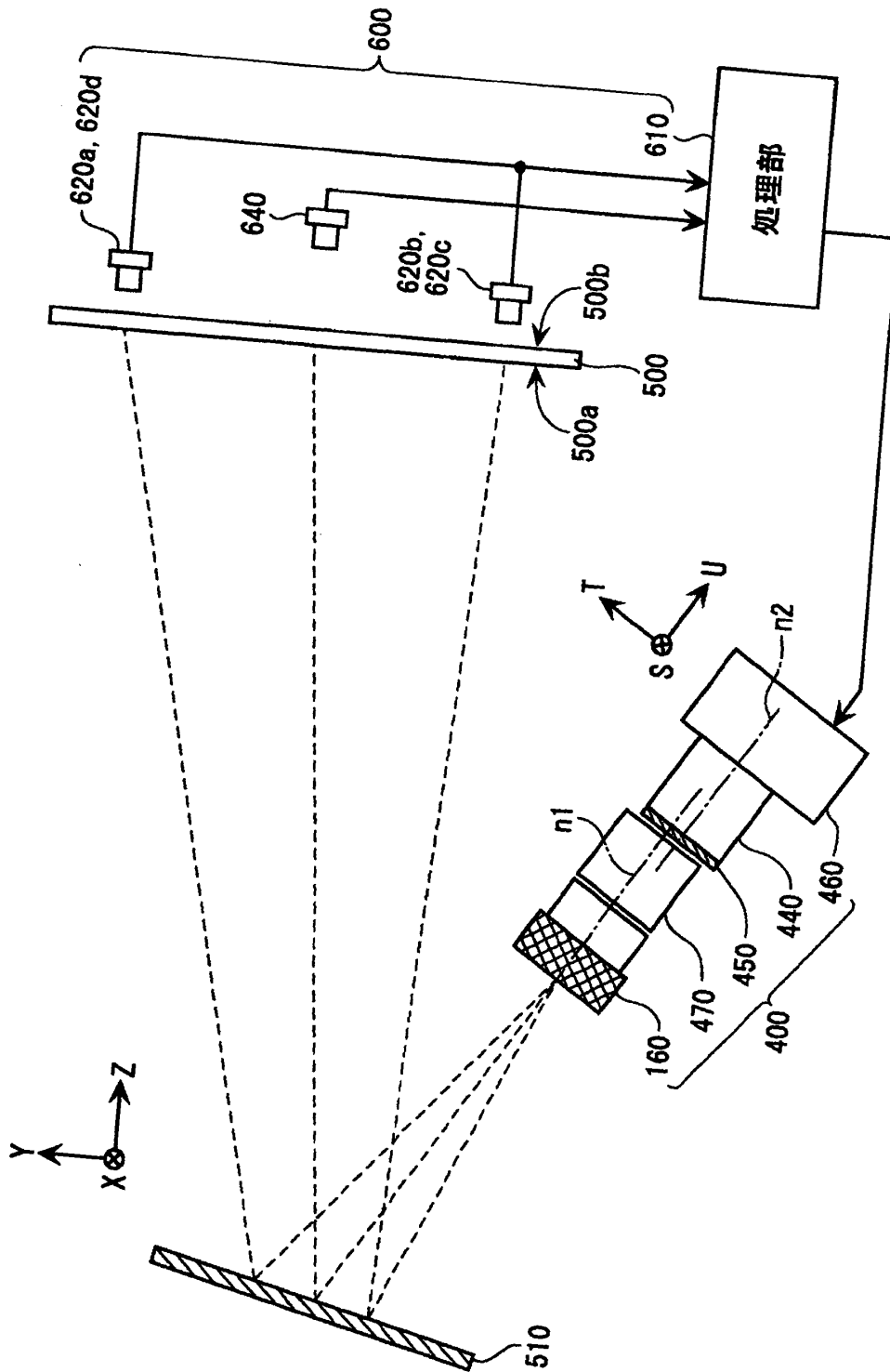
【図 3】



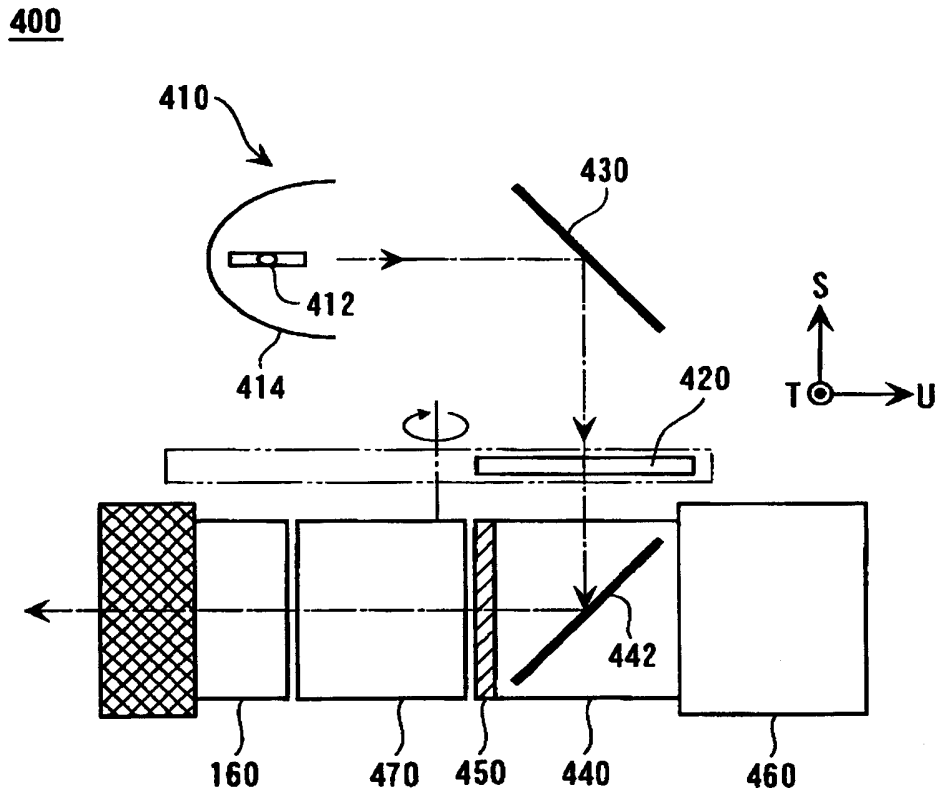
【図4】



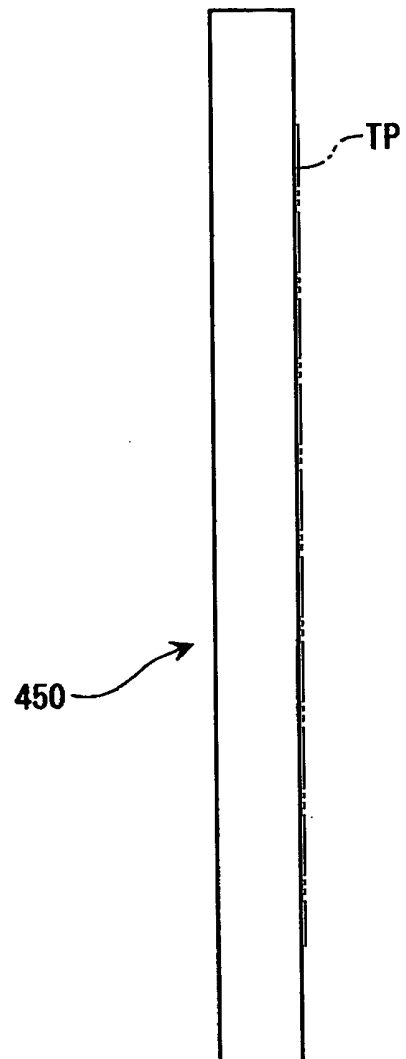
【図5】



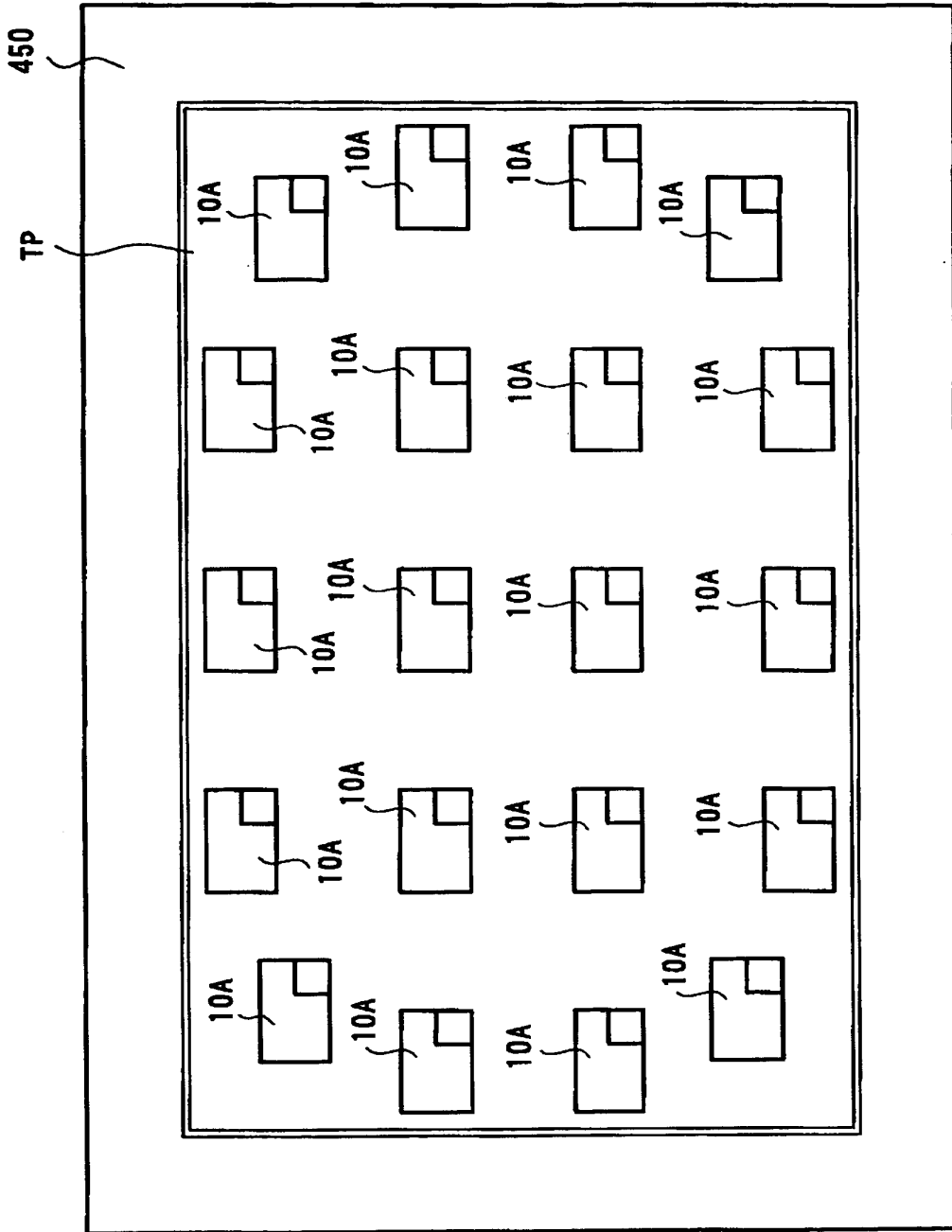
【図 6】



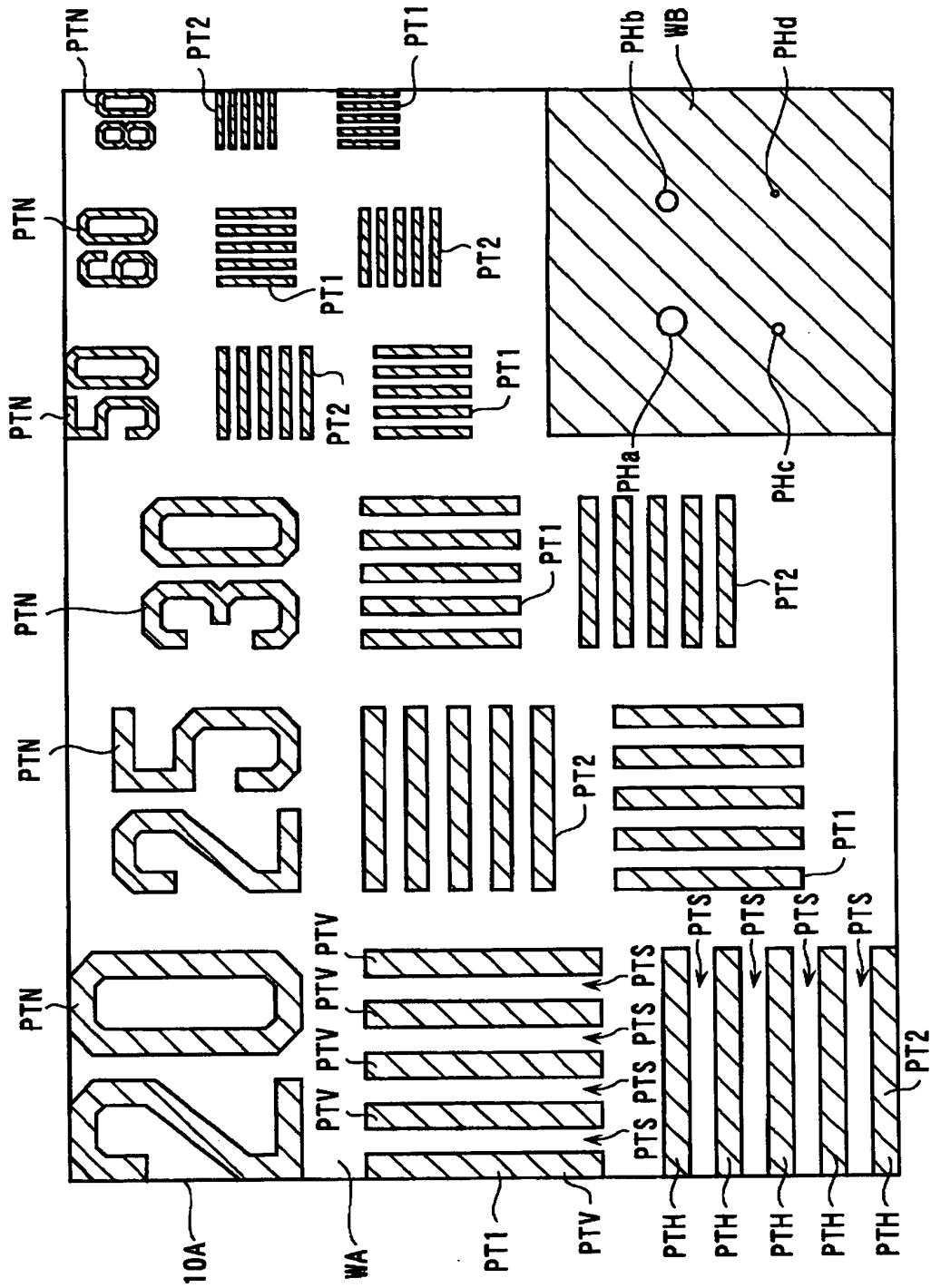
【図 7】



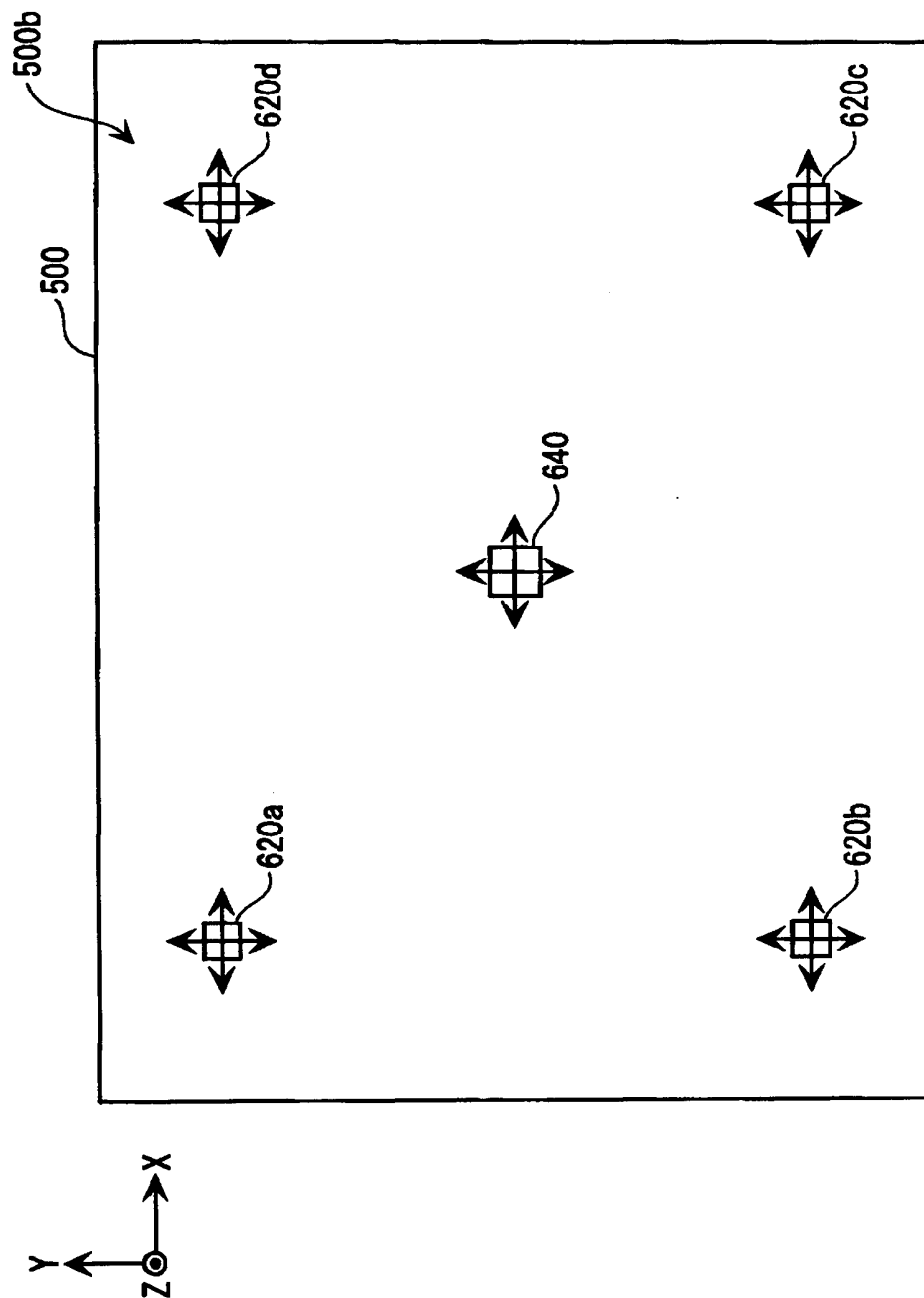
【図 8】



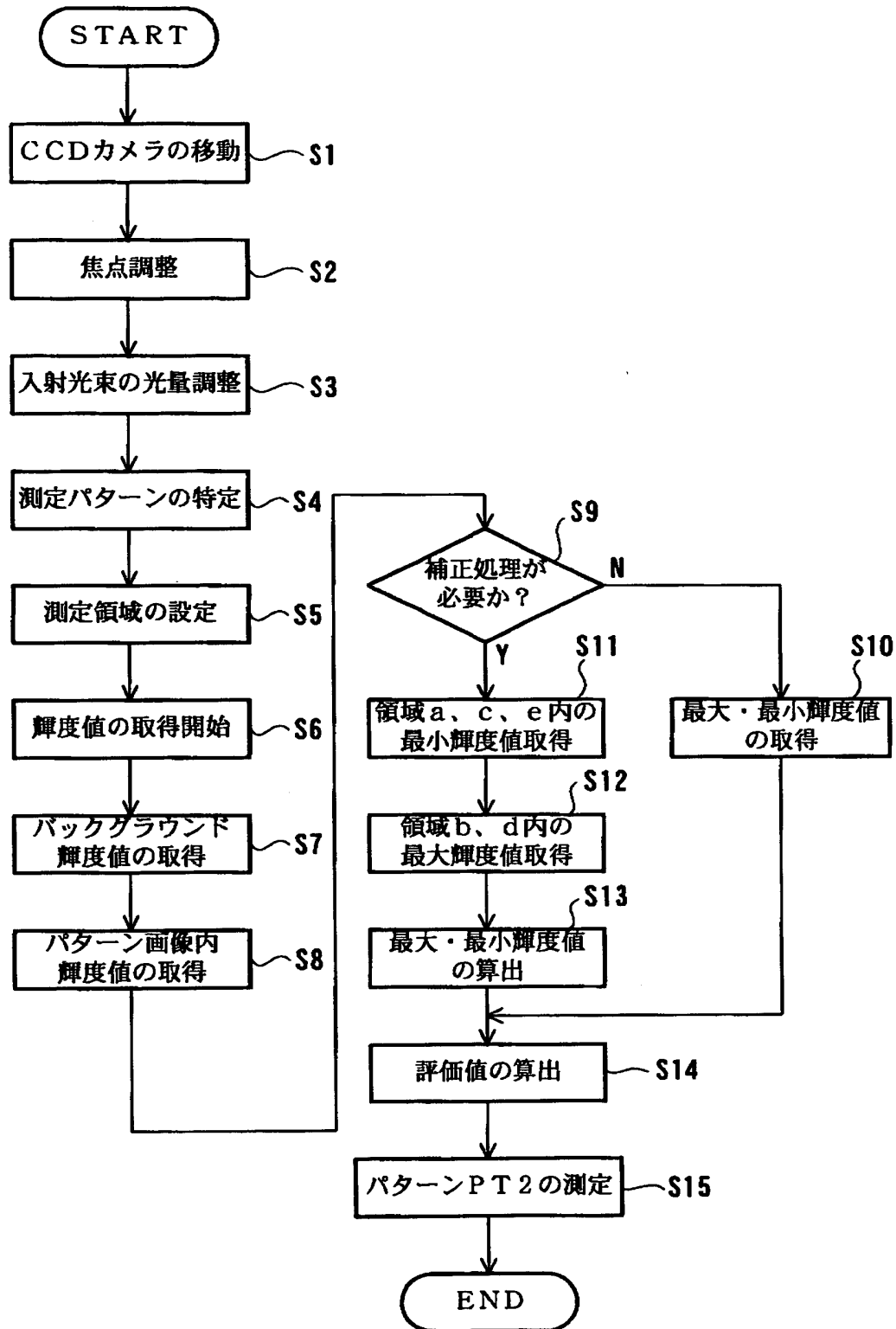
【図 9】



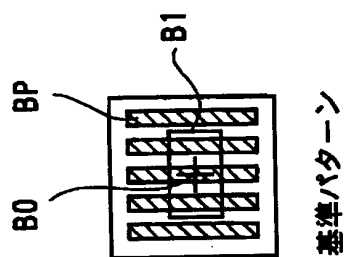
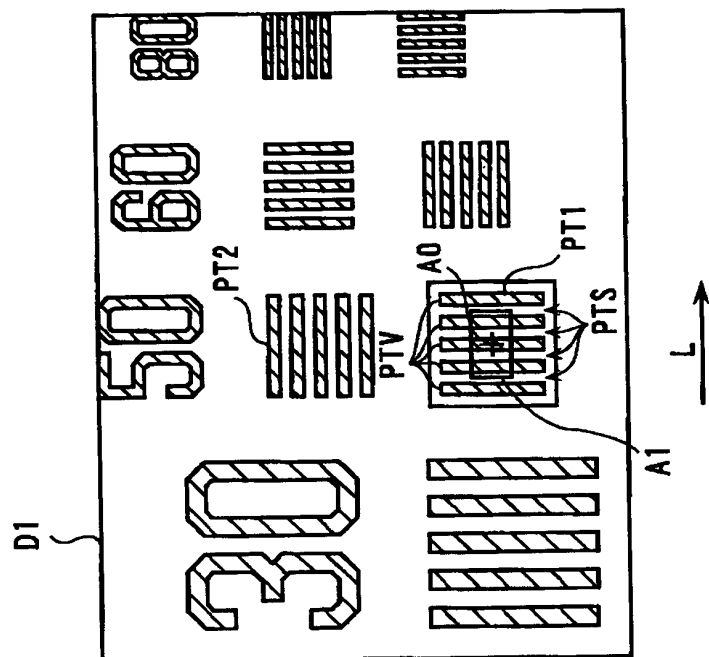
【図 1 0】



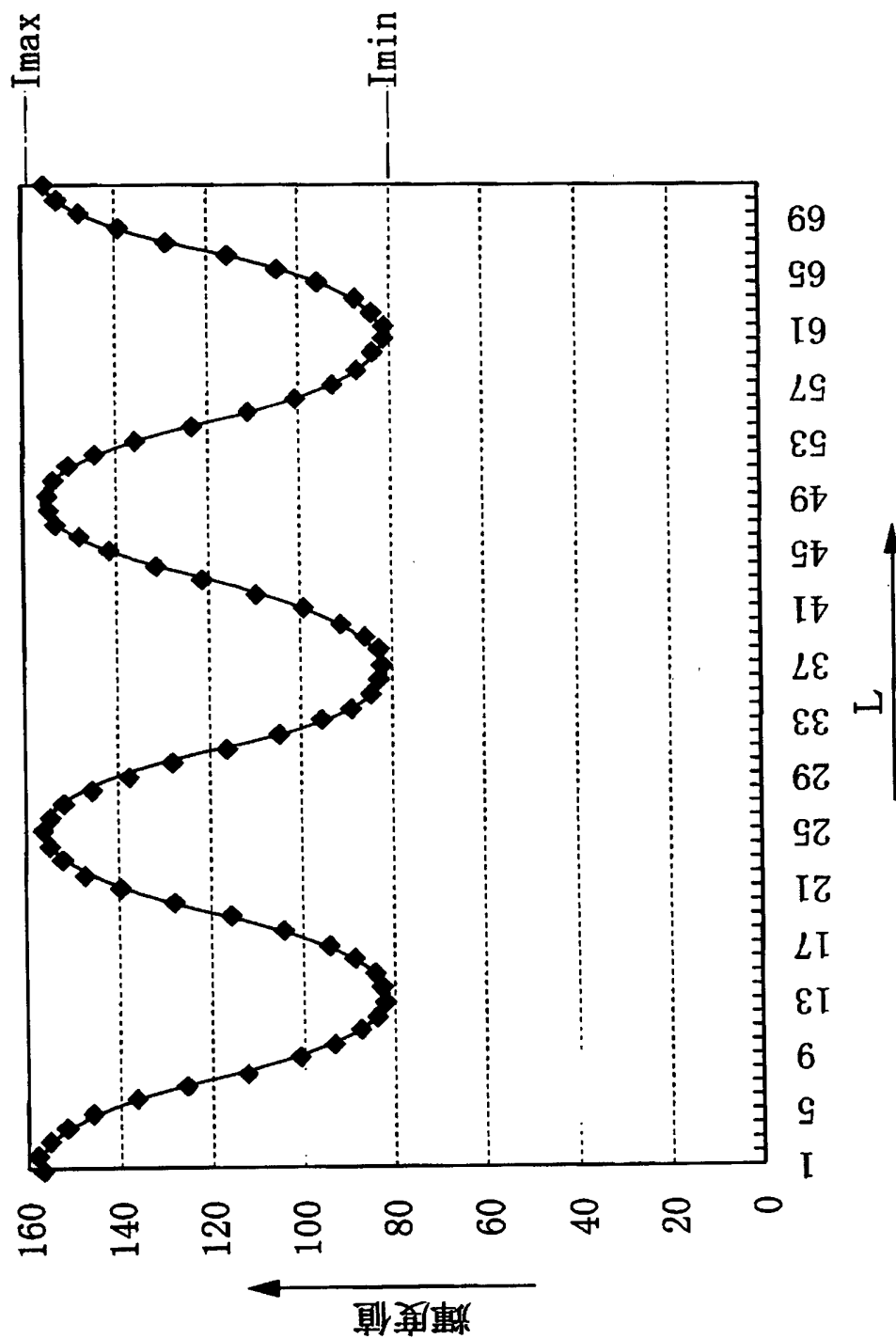
【図 11】



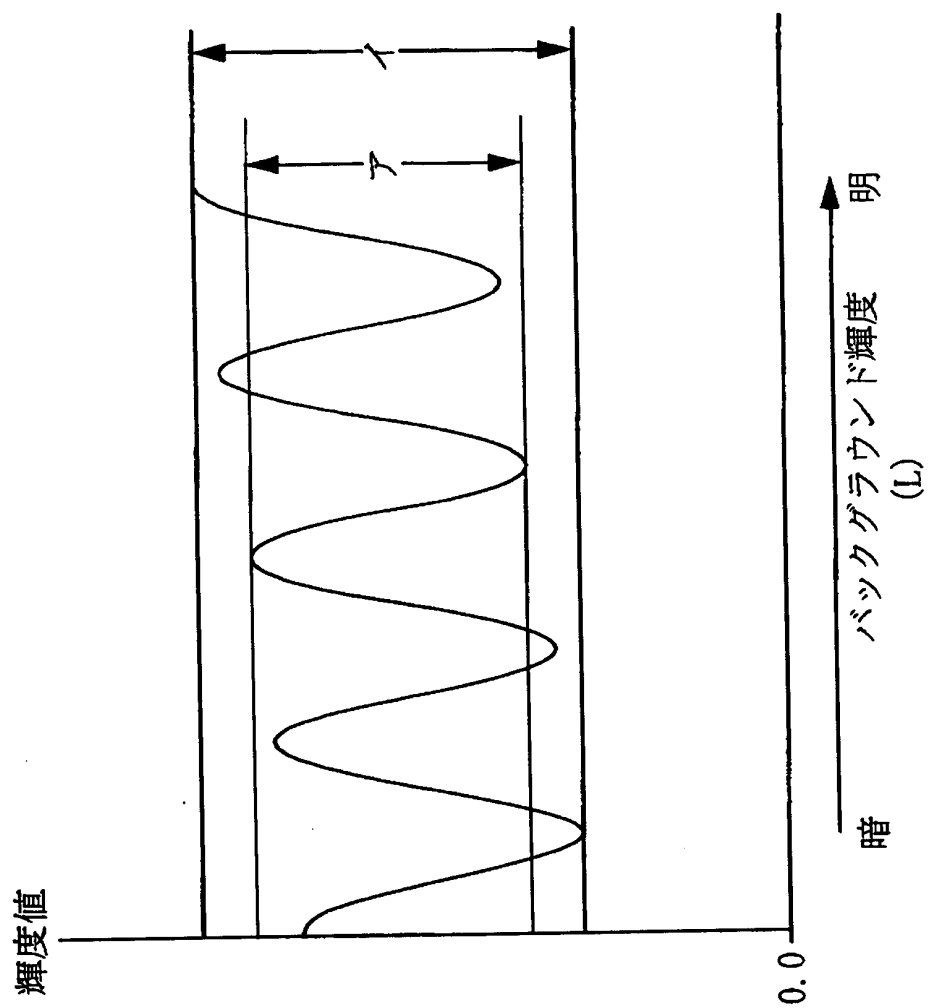
【図12】



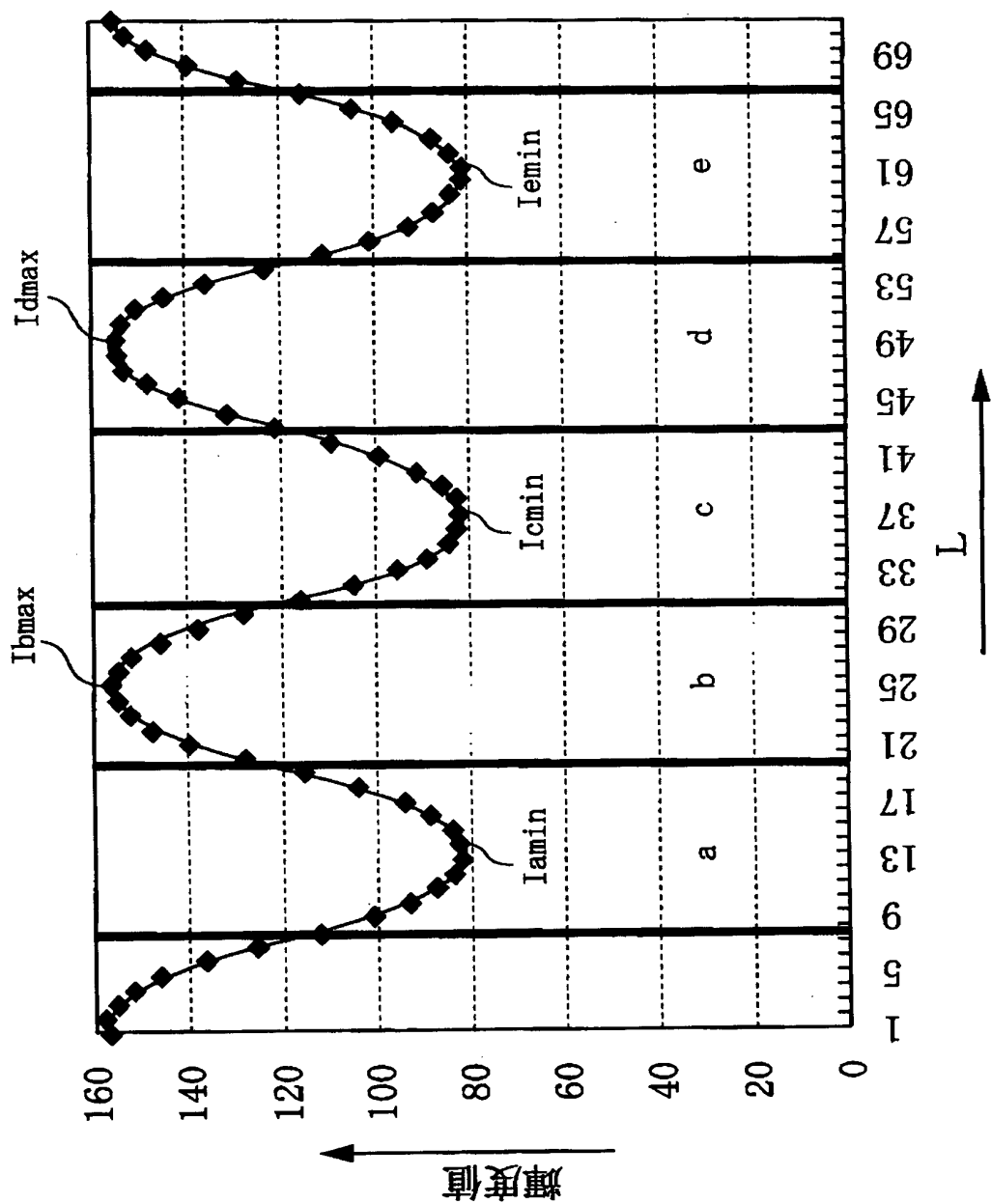
【図 13】



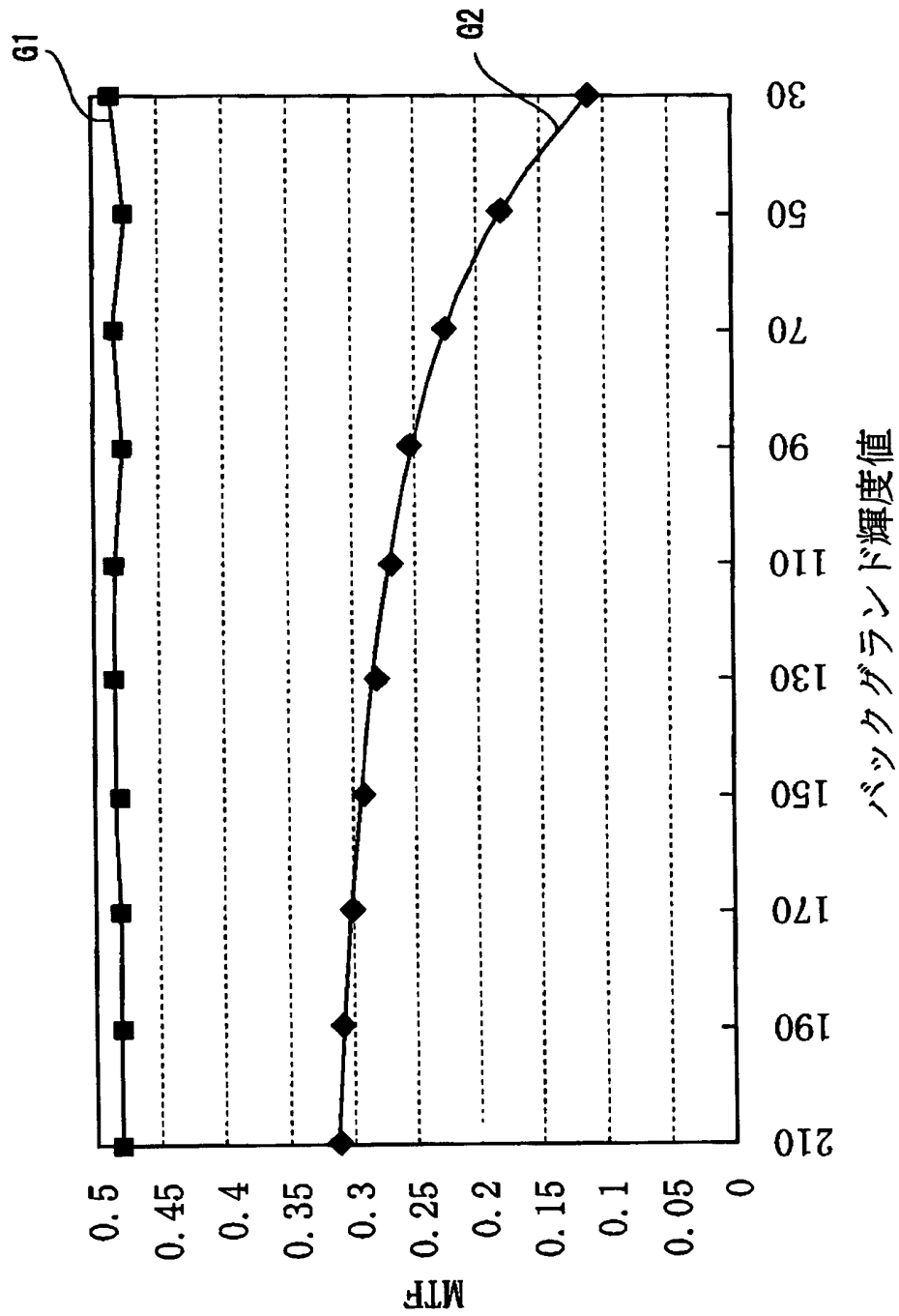
【図 14】



【図 15】



【図16】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 レンズの解像度の評価を、プロジェクタの機種や測定場所に影響されることなく、適正に行うことのできるレンズの評価方法を提供すること。

【解決手段】 レンズの解像度を評価するために、解像度測定用のテストパターン画像を撮像素子を用いた画像取り込み装置で検出し、検出された輝度値に基づいて解像度評価値を算出するレンズの評価方法は、テストパターンが形成されていないバックグラウンド部分の輝度値を取得するバックグラウンド輝度値取得手順 S 7、テストパターン画像中の最大輝度値を取得する最大輝度値取得手順 S 1 0、S 1 3、最小輝度値を取得する最小輝度値取得手順 S 1 0、S 1 3、および各手順で得られた輝度値に基づいて解像度評価値を算出する評価値算出手順 S 1 4 を備えている。

【選択図】 図 1 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000002369]

1. 変更年月日 1990年 8月20日
[変更理由] 新規登録
住 所 東京都新宿区西新宿2丁目4番1号
氏 名 セイコーエプソン株式会社